

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”  
Інженерно-хімічний факультет  
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

До захисту допущено

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В. Гондлях**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Дипломний проект**  
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 6.050503 - Машинобудування (6.050502 - Інженерна механіка)  
на тему: Термопласт автомат з модернізацією дозуючого пристрою

---

---

Виконав (-ла) студент (-ка) IV курсу, групи ЛП-51(1)  
(шифр групи)

Прищепя Андрій Олександрович  
(прізвище, ім'я, по батькові)  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник ас. Лелека С. В.  
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультанти з розділів:

---

ОХОРОНА ПРАЦІ доц., к.т.н. Ковтун І. Н.

МОДЕРНІЗАЦІЯ д.т.н. проф. Щербина В. Ю.

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ ст. вик. Борщик С. О.

РЕЦЕНЗЕНТ \_\_\_\_\_  
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ      2019      рік

Національний технічний університет України

„Київський політехнічний інститут”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра \_\_\_\_\_ хімічного, полімерного і силікатного машинобудування \_\_\_\_\_

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність \_\_6.050502- інженерна механіка (6.050503 - машинобудування) \_\_\_\_\_

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В. Гондлях**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р

### **ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

\_\_\_\_\_ **Прищепя Андрій Олександрович** \_\_\_\_\_

(П.І.Б.)

1. Тема проекту Термопласт автомат з модернізацією дозуючого пристрою

керівник проекту Лелека С.В.

затверджена наказом по університету від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом проекту « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 р. \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

---



---

#### 6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ТБ та ОП	доц. Ковтун І.М.		
Модернізація	д.т.н., проф.. Щербина В.Ю.		
Тех. маш.	ст.викл. Борщик С.О.		

#### 7. Дата видачі завдання:

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Отримання завдання для дипломного проекту.		
2.	Проходження переддипломної практики.		
3.	Здійснення пошуку патентів. Виконання кінематичних та параметричних розрахунків.		
4.	Обґрунтування модернізації.		
5.	Підготовка розділу «Пояснювальна записка»		
6.	Виконання розрахунків.		
7.	Підготовка розділу «Розрахунки»		
8.	Підготовка розділу «Технологія виготовлення деталі і монтажу вузла»		
9.	Робота над кресленнями в CAD-системах .		
10.	Захист дипломного проекту		

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

"Устаткування для грануляції з модернізацією формуючої головки".  
Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за напрямком підготовки 6.050503 «Машинобудування» (програма професійного спрямування «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів») «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; Керівник: Сідоров Д.Е., Виконавець: Артем'єва І.С.

Дипломний проект складається з текстової та графічної частини. Загальний обсяг текстової частини 60...65 аркушів основного тексту, формату А4 12 ілюстрацій. Графічна частина – 5 аркушів А1.

Дипломний проект присвячений модернізації формуючої головки екструдера. Метою модернізації є підвищення якості, зменшення часу на обслуговування та продовження строку служби формуючого інструменту. Покращення економічних показників, збільшення виготовлення кінцевого продукту досягається за рахунок підвищення строку експлуатації та зменшення часу обслуговування.

У роботі розроблено агрегат черв'ячний ЧП-32×25. Виконано необхідні параметричні розрахунки і розрахунки на міцність.

Отже розроблена машина є повністю працездатною. Вдосконалена конструкція гранулюючої головки дозволяє збільшити кількість продукцію за рахунок впровадження змін, одночасно з підвищення продуктивності лінії та підвищення довговічності формуючого інструменту, тобто зменшення витрат виробництва.

Результати роботи були опублікований у збірнику тез конференції «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки» Київ, 6-7 червня 2019р.

ЕКСТРУЗИЯ, ГРАНУЛЯЦИЯ, ГОЛОВКА ФОРМУЮЧА, ЧЕРВ'ЯК, ПРЕС  
ЧЕРВ'ЯЧНИЙ.

## РЕФЕРАТ

"Оборудование для гранулирования с модернизацией формирующей головки". Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» по направлению подготовки 6.050503 «Машиностроение» (программа профессионального направления «Оборудование химических производств и предприятий строительных материалов») «КПИ им. Игоря Сикорского»; Руководитель: Сидоров Д.Е., Исполнитель: Артемьева И.С.

Дипломный проект состоит из текстовой и графической части. Общий объем текстовой части 60...65 листов основного текста, формата А4 12 иллюстраций. Графическая часть - 5 листов А1.

Дипломный проект посвящен модернизации формирующей головки экструдера. Целью модернизации является повышение качества, уменьшение времени на обслуживание и продление срока службы формирующего инструмента. Улучшение экономических показателей, увеличение производства конечного продукта достигается за счет повышения срока эксплуатации и уменьшение времени обслуживания.

В работе разработана агрегат червячный ЧП-32×25. Выполнен необходимые параметрические расчеты и расчеты на прочность.

Итак разработанная машина является полностью работоспособной. Усовершенствованная конструкция гранулирующей головки позволяет увеличить количество продукции за счет внедрения изменений, одновременно по повышению производительности линии и повышения долговечности формирующего инструмента, то есть уменьшение издержек производства.

Результаты работы был опубликован в сборнике тезисов конференции «Эффективные процессы и оборудование химических производств и упаковочной техники» Киев, 6-7 июня 2019г.

ЭКСТРУЗИЯ, ГРАНУЛИРОВАНИЕ, ГОЛОВКА ФОРМИРУЮЩАЯ, ЧЕРВЯК, ПРЕСС ЧЕРВЯЧНЫЙ.

## **ABSTRACT**

"Equipment for granulation with the modernization of the forming head". Graduation project of educational qualification level "bachelor" in the direction of training 6.050503 "Mechanical Engineering" (the program of professional direction "Equipment for chemical production and building materials enterprises") "KPI by Igor Sikorsky "; Disposer: Sidorov D.E., Executor: Artemieva I.S.

The graduation project consists of text and graphic parts. The total volume of the text part is 60 ... 65 pages of the main text, A4 format 12 illustrations. The graphic part is 5 A1 sheets.

The graduation project is devoted to the modernization of the forming head of the extruder. The aim of modernization is to improve the quality, reduce maintenance time and extend the service life of the forming tool. Improving economic performance, increasing the production of the final product is achieved by increasing the service life and reducing maintenance time.

In work the worm gearbox WP-32×25 was developed. The necessary parametric calculations and strength calculations were performed.

So the developed machine is fully operational. The improved design of the granulating head allows you to increase the number of products due to the introduction of changes, at the same time to improve the performance of the line and increase the durability of the forming tool, that is, reducing production costs.

The results of the work were published in the collection of abstracts of the conference "Efficient processes and equipment of chemical plants and packaging equipment" Kiev, June 6-7, 2019.

EXTRUSION, GRANULATION, FORMING HEAD, WORM, WARMING PRESS.

## Зміст

ВСТУП.....	3
1 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРСТИКА ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТУ 90x25 .....	5
2 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ.....	6
3 ЛІТЕРАТУРНО ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД .....	9
4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	16
4.1 Характеристика виробничих шкідливостей і небезпек.....	17
4.2 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів проектованої установки і заходи їх усунення.....	17
4.2.1 Повітря робочої зони. ....	17
4.2.2 Небезпека впливу елементів устаткування, нагрітих до високих температур.....	19
4.2.1 Виробничий шум.....	19
4.2.1 Небезпека впливу частин що рухаються й обертаються.....	20
4.2.5 Пожежна безпека.....	21
4.2.6 Системи, що працюють під тиском.....	23
4.2.7 Небезпека враження електричним струмом.....	23
ВИСНОВКИ.....	25
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	26

					<i>ЛП51(1).122186.01-ПЗ</i>		
<i>Змн</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доки</i>	<i>Підпис</i>	<i>Пот</i>			
<i>Розробл</i>		Прищепя А.О.			<i>Термопласт автомат з модернізацією дозуючого пристрою</i>	<i>Літ</i>	<i>Апк</i>
<i>Перевір</i>		Лелека С.В.					<i>1</i>
<i>Ревіз</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікарського ІХФ</i>	
<i>Н</i>							
<i>Затверд</i>		Гондляр О.В.					

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:

$x$  – концентрація, % ( мас.);  
 $\sigma$  – поверхневий натяг, Н/м;  
 $h$  – висота, м;  
 $D, d$  – діаметр, м;  
 $c$  – прибавка до розрахункової товщини, м;  
 $G$  – масова витрата, кг/с;  
 $p$  – тиск, Па;  
 $t$  – температура, К;  
 $\rho$  – густина, кг/м<sup>3</sup> ;  
 $\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості, м<sup>2</sup> /с;  
 $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м<sup>2</sup> ·К);  
 $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К);  
 $K$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/м<sup>2</sup> ·К);  
 $\alpha$  – коефіцієнт прямого потоку розплаву у каналі черв'яка;  
 $\beta$  – коефіцієнт зворотного потоку розплаву у каналі черв'яка;  
 $\gamma$  – коефіцієнт потоку втрат крізь зазор між корпусом преса та гребнями черв'яка;  
 $n$  – частота обертів черв'яка;  
 $K$  – коефіцієнт геометричної форми головки гранулятора.

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



## ВСТУП

Ми живемо у вік повсюдного застосування полімерних матеріалів. З кожним роком в світі з'являється все більше нових видів пластику, який за своїми властивостями може успішно замінювати традиційні метал, скло, дерево і кераміку в різних областях життєдіяльності людини. Особливо сильна присутність пластика в побутовій сфері. Частка полімерного посуду в нашому побуті лише на 10% менша, ніж скляного, але значно перевищує порцеляновий і з інших матеріалів.

### Сегментація ринку посуду та предметів домашнього вжитку за матеріалом, в натуральному вираженні



Джерело: за даними Державної служби статистики України

Перевагами пластика є його дешевизна і довговічність. Інфляційний удар, який пережила Україна в 2014-2015 роках, обрушив купівельну спроможність споживачів пластикових виробів. У наступні 2016 і 2017 роки зростання цін істотно сповільнилося, що сприяло підвищенню попиту на полімерну продукцію і дозволило її виробникам нарощувати обсяги випуску.

### Індекси цін виробників пластмасових та гумових виробів в Україні в 2013-2017 рр., до попереднього року, %

Показник	2013	2014	2015	2016	2017
Індекси цін виробників, %	100,9	120,4	146,8	108,5	106,4

Джерело: за даними Державної служби статистики України

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП51(1).122186.01-ПЗ

Арк.

Розвитку ринку пластикових виробів сприяє збільшення населенням України витрат на покупку предметів побуту. Так, за даними Держстату, якщо в 2016 році на ці цілі одне домогосподарство виділяло в середньому тисячу сто сорок дві грн, то в 2017-му - вже 1713 грн.

Пожвавлення бізнес-активності в країні також позитивно вплинуло на даний ринок, особливо в сегменті пластикових меблів. Її вимагається тим більше, чим більше магазинів і офісів необхідно обладнати або переобладнати [1].

Враховуючи те, що при виробництві більшості виробів з пласмаси використовуються термопластавтомати (ТПА), очевидно, що покращення їх технічних характеристик являється надзвичайно актуальним, та затребуваним.

При виконанні проекту були використані знання з наступних дисциплін: інженерна та комп'ютерна графіка; технологічні основи машинобудування; метрологія та стандартизація; процеси, апарати та машини галузі; охорона праці та цивільний захист; технологічне обладнання виробництва будівельних та полімерних виробів; сучасні методи розрахунку процесів та апаратів.

В результаті виконання дипломної роботи опубліковано тезу у збірнику конференції «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки». Київ, 6-7 червня 2019р.

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

# 1 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРСТИКА ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТУ 90x25

Технічна характеристика несе в собі особливу інформацію про апарат. Саме за цими показниками проводиться порівняння зразка з подібними йому та для наступного вибору і обґрунтування обраного варіанту. Основні показники наведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика термопласт автомату 90x25

1. Продуктивність	$\frac{\text{кг}}{\text{год}}$	135-185
2. Діаметр черв'яка	$\text{мм}$	90
3. Відношення діаметру черв'яка до його довжини		1:25
4. Частота обертання черв'яка	$\text{об/хв}$	10-100
5. Число заходів черв'яка		1
6. Кількість зон обігріву циліндра	$\text{шт}$	9
7. Привід: а.) електродвигун 4А315S4У3 потужність двигуна число обертів	$\text{кВт}$ $\text{об./хв.}$	137 1500
8. Габарити а.) довжина б.) ширина в.) висота	$\text{мм}$	3680 3700 1800
9. Маса	$\text{кг}$	4300

## 2 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ

ТПА призначена для безперервної переробки гранульованих термопластів в однорідний розплав і рівномірного видавлювання його крізь головку профільну (рисунок 2.1).

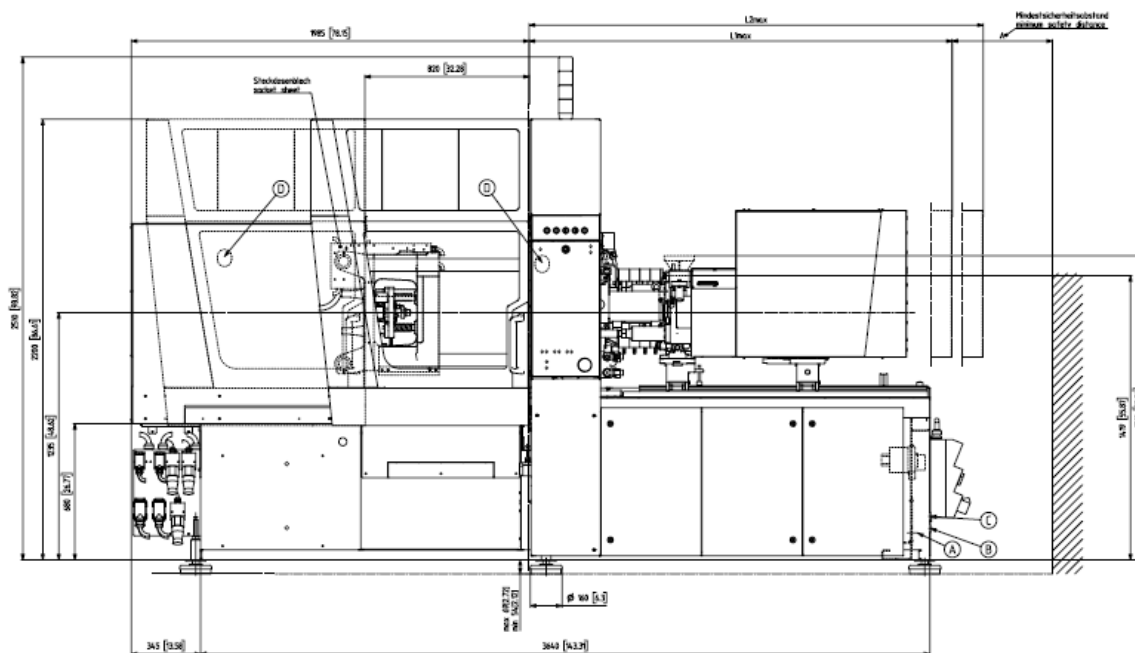


Рисунок 2.1 – Схема ТПА

Основним робочим органом пресів є товстостінний циліндричний корпус, у якому обертається черв'як (шнек). Черв'яки, діаметр яких може бути від 20 до 500 мм і більше, характеризуються геометрією (профілем) поперечного перерізу каналу, довжиною нарізки, кроком, ступенем стиску і кількістю заходів нарізки.

Під час обертання черв'яка матеріал транспортується гвинтовим каналом, утвореним внутрішньою поверхнею циліндра і нарізкою черв'яка. Транспортування супроводжується інтенсивними деформаціями матеріалу та зростанням тиску.

Одночасно в пресі відбуваються різноманітні процеси: нагрівання матеріалу за рахунок енергії дисипації та енергії, що підводиться від системи нагрівання циліндра; ініційовані зростаючою температурою та тиском хімічні,

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

фазові та інші перетворення, ущільнення та монолітизація сипких матеріалів; змішування компонентів; вилучення з матеріалів газоподібних та інших домішків.

У зоні живлення відбувається прийом матеріалу, що переробляється, і його переміщення в напрямку зони плавлення й ущільнення. Для підвищення продуктивності зона завантаження виконується з великим об'ємом гвинтового каналу черв'яка.

У зоні плавлення відбувається розплавлювання полімеру, його ущільнення і дегазація. Для ефективного проведення зазначених процесів канал черв'яка в зоні плавлення виконується з поступово зменшуваним об'ємом, що досягається в більшості випадків зменшенням глибини каналу, кроку гвинтової лінії чи обох параметрів одночасно.

У зоні дозування відбувається перемішування розплаву і генерується тиск, під дією якого розплав продавлюється крізь формуючий інструмент.

Лійка завантажувальна представляє собою товстостінний циліндр із завантажувальним отвором та водяною рубашкою. Вона складається із корпусу і вставної гільзи.

Температура поверхні гільзи контролюється за допомогою перетворювача термоелектричного в комплекті із вторинним пристроєм. Корпус має форму товстостінного циліндра, який приєднаний фланцевим з'єднанням до воронки завантажувальної. Корпус має зони обігріву електронагрівниками опору. Охолодження зон корпусу здійснюється від незалежних вентиляторів. Для контролю температури корпусу на ньому встановлюють перетворювачі термоелектричні.

Зони розділені між собою перегородками. Ззовні корпус закритий теплоізоляційним кожухом.

Система охолодження призначена для охолодження завантажувальної лійки, черв'яка, а також мастила в картері редуктора.

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Черв'як за допомогою шліцьового з'єднання приєднується до перехідної втулки блоку радіально-упорних підшипників. Цей вал за допомогою шліцьового з'єднання приєднаний до тихохідного редуктора.

Пресформа кріпиться до станини за допомогою спец тримачів.

Корпус складається із завантажувальної і плавильної частини. Всі частини з'єднуються між собою за допомогою фланців. До завантажувальної частини, також за допомогою фланців, приєднується блок радіально-упорних підшипників. На плавильну частину корпуса встановлюються нагрівники, завдяки яким корпус нагрівається, і відбувається розплавлення полімеру. Завантажувальна частина корпуса має канали для подачі води, що охолоджує екструдер.

Перевагами ТПА є можливість виготовлення різних деталей шляхом заміни прес-форми, надійність та висока продуктивність.

Недоліки: Висока вартість обслуговування, обмеження у виготовленні велико габаритних деталей, висока ймовірність браку, неоднорідність розплаву.

Висновки:

- розглянуто базову конструкцію, ознайомився з головними частинами, та принципом дії.
- визначено основні переваги та недоліки ТПА які присутні у базових конструкціях.

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### 3 ЛІТЕРАТУРНО ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

Для вирішення вищевказаних проблем, що виникають при експлуатації ТПА, а саме неоднорідність розплаву та велика ймовірність браку було проведено літературо патентний пошук технічних рішень. Під час якого виконано патентний пошук огляд на таких сайтах, як [www.epo.org](http://www.epo.org), [www1.fips.ru](http://www1.fips.ru), [base.ukrpatent.org](http://base.ukrpatent.org). Нижче наведено найбільш доцільні, для вирішення вказаної задачі, технічні рішення.

В [11] запропоновано встановити два бункера 28 для подачі різних матеріалів в дозуючий пристрій.

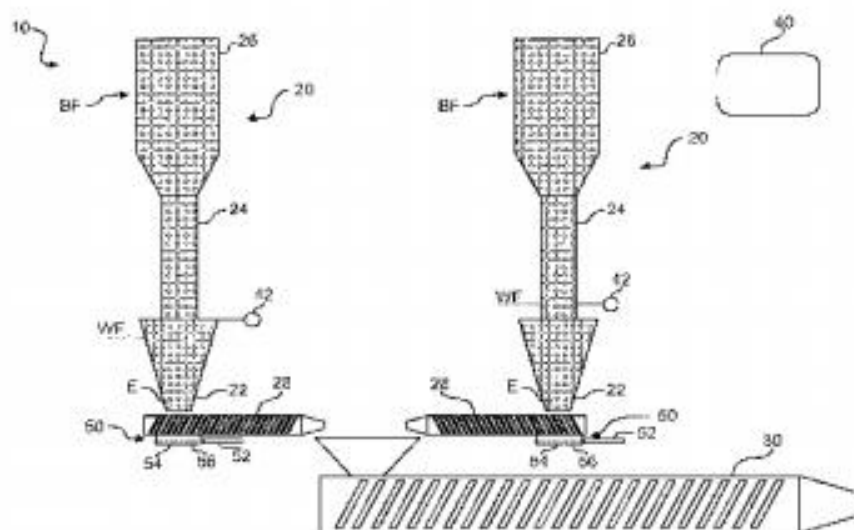


Fig. 1

Рисунок. 3.1 – Пристрій для автоматичного наповнення бункера

Матеріал який знаходиться в бункері 26 потрапляє в отвір воронки 24 для подальшого проходження в вагову воронку 22, після чого попадає в контейнер подачі 28 в якому знаходиться дозуючий шнек 30 за допомогою якого матеріал транспортується до екструдера.

В [12] розглянемо конструкцію пристрою для автоматичного видалення матеріалу з бункеру дозуючого пристрою.

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Після спрацювання датчику наповнення 50 сигнал потрапляє на відкриття розвантажувальної горловини 52 в яку з вагової воронки матеріал почне сипатися в розвантажувальний контейнер 60.

Дана модернізація дозволяє автоматично видаляти матеріал з бункеру для заміни матеріалу на інший. Дані пристрої встановлюються на кожен з двох живильників.

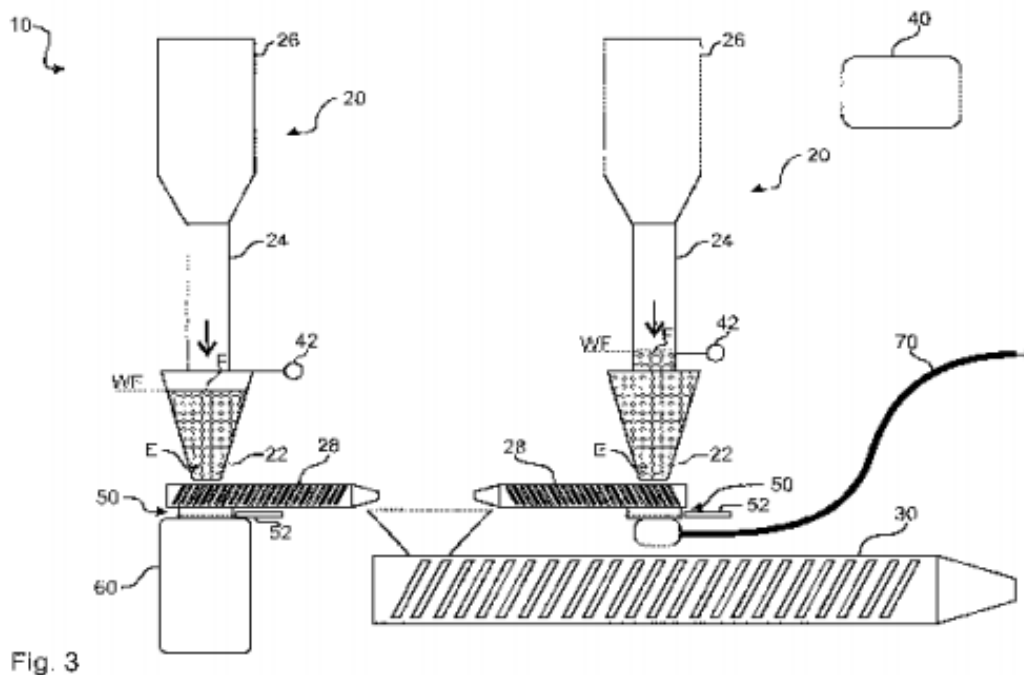


Рисунок 3.2 – Пристрій для автоматичного розвантаження бункерів

Метою винаходу [13] являється підвищення продуктивності процесу підготовки розплаву и підвищення його якості.

Пристрій містить корпус і черв'як з приводом його обертання і зонами завантаження і дозування. По зовнішній поверхні черв'яка має місце основна гвинтова нарізка, а у зоні завантаження — додаткова. Основна и додаткова нарізки виконані з утворенням основного и додаткового каналів різної глибини і з утворенням ступені у місці стикування витків нарізок. Глибина основного каналу у зоні завантаження збільшується в напрямку до зони дозування, а глибина допоміжного — зменшується в тому ж напрямку. Глибина основного каналу у місці стикування витків нарізок менше глибини додаткового каналу, а

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



його довжина вибирається в межах від  $1/3$  до  $1/2$  кроку основної нарізки. Пристрій працює наступним чином. Гранульований матеріал потрапляє у канали і переміщуються по нарізкам у зоні завантаження у напрямку зони дозування. У зв'язку з тим, що глибина основного каналу збільшується у напрямку зони дозування, а глибина додаткового — зменшується в тому ж напрямку, матеріал видавлюється з більш глибокої ділянки, що створює додатковий тиск, забезпечує циркуляцію розплаву і підвищує якість змішування.

На Рис 3.3 зображено пристрій для підготовки і змішування в'язких розплавів полімерних матеріалів, загальний вигляд.

Пристрій для підготовки і змішування в'язких розплавів полімерних матеріалів містить корпус 1 і черв'як 2 з приводом його обертання і зонами завантаження а) і дозування б). По зовнішній поверхні черв'яка 2 виконана основна гвинтова нарізка 3, а у зоні завантаження — допоміжна 4. Основна 3 і допоміжна 4 нарізки виконані з утворенням основного 5 і допоміжного 6 каналів з різною глибиною і з утворенням ступені у місці стику витків нарізки 3 і 4. Глибина основного каналу 5 у зоні завантаження а) виконана збільшуючоюся у напрямку до зони дозування б), а глибина допоміжного каналу 6 — зменшуючоюся в тому ж напрямку. Глибина основного каналу 5 у місці стику витків нарізок менше глибини допоміжного каналу 6, а його довжина вибирається в межах  $1/3$ — $1/2$  кроку  $t$  основної нарізки 3.

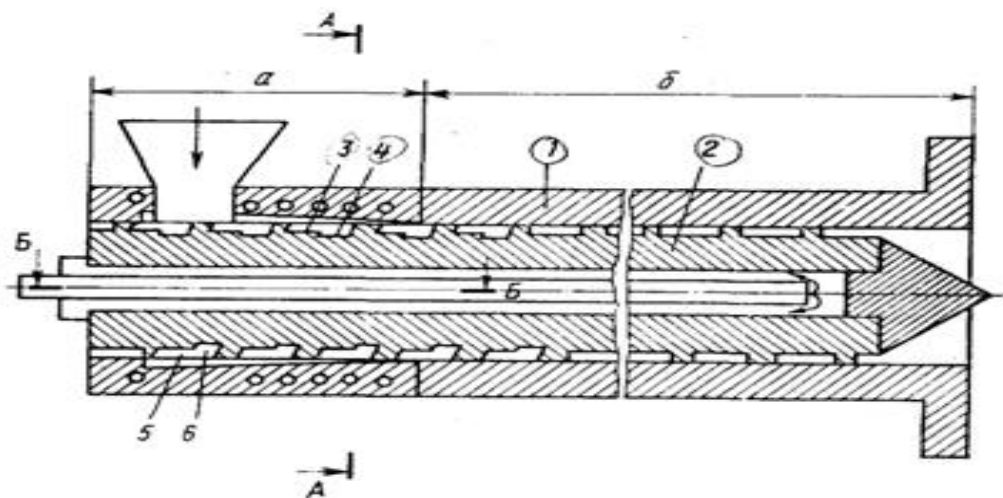


Рисунок. 3.3 – Пристрій для підготовки та змішування.

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

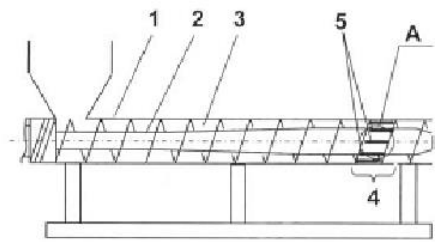
В [14] розглянуто екструдер

Черв'ячний екструдер, що містить порожнистий корпус, розміщений у його порожнині з можливістю обертання черв'як, що утворює з порожниною корпусу робочий канал із щонайменше однією ділянкою з розміщеними між черв'яком і корпусом обертовими елементами, який відрізняється тим, що кожен ділянку робочого каналу з обертовими елементами розташовано в межах нарізки черв'яка, при цьому обертові елементи виконані поздовжніми з циліндричними кінцевими ділянками, розміщеними в пазах гребнів сусідніх витків нарізки черв'яка.

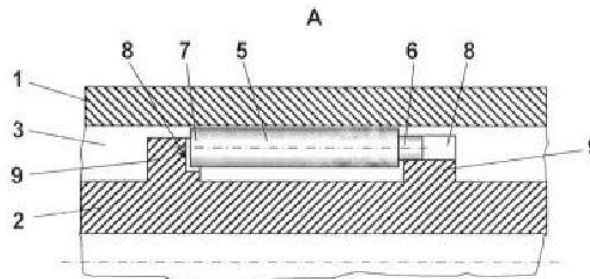
Черв'ячний екструдер працює в такий спосіб. Матеріал, що підлягає переробці, подають у завантажувальний бункер порожнистого корпусу 1, де він захоплюється нарізкою черв'яка 2 і далі робочим каналом 3 транспортується в напрямку до кінцевої ділянки черв'яка 2. Під час обтікання утворюваним розплавом тіл обертання 5 внаслідок збільшених деформацій зсуву відбувається його інтенсивне перемішування, а також диспергування компонентів перероблюваного матеріалу, що підвищує якість одержуваної продукції. Зазначені тіла обертання 5 не лише сприяють гомогенізації розплаву, але й фіксують черв'як 2 від прогину, а отже й стабільність кільцевої форми робочого каналу на виході з кінцевої ділянки черв'яка 2, що сприяє підвищенню якості забезпечує рівнотовщинність одержуваного трубчастого виробу.

Використання пропонованої корисної моделі підвищує ефективність черв'ячного екструдера та забезпечує високу якість одержуваної продукції.

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Фиг. 1



Фиг. 2

Ат  
Чт

Рисунок 3.4 Екструдер для переробки термопластичних матеріалів

В [15] розглянуто дво-черв'ячний екструдер в кому запропоновано розширити завантажувальну горловину в два рази задля запобігання застрягання матеріалу і більш кращого потрапляння матеріалу до черв'ячної частини.

Fig. 1

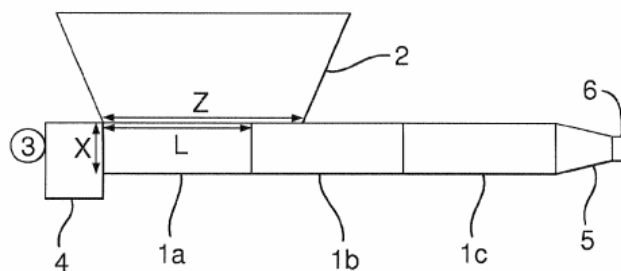


Fig. 2

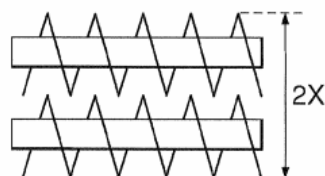


Рисунок 3.5 – Дво-черв'ячний екструдер з розширеною завантажувальною горловиною.

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

В [16] запропоновано встановити заслінку для закриття подачі матеріалу.

Черв'ячний екструдер містить: корпус 1, що складає основу всієї конструкції, головний робочий орган черв'як 2 та завантажувальну горловину 3. Важільний механізм 4 закріплений на поверхні корпусу 1 та з'єднаний із заслінкою 5, яка має змогу рухатись зворотно-поступально вздовж осі, змінюючи переріз каналу. На черв'яку 2 в районі опорного підшипника встановлена пружина 6 для повертання черв'яка у вихідне положення. Вал двигуна і черв'як з'єднані за допомогою з'єднання 7 з можливістю передачі черв'яку обертового моменту при його осьових переміщеннях, наприклад шліцьового.

Черв'ячний екструдер для переробки полімерних матеріалів, що містить завантажувальну горловину, оснащену заслінкою регулювання подачі перероблюваного матеріалу, корпус, всередині якого розташований з можливістю переміщення відносно повздовжньої осі черв'як, змонтований в опорному підшипнику, який відрізняється тим, що черв'як кінематично пов'язаний із заслінкою за допомогою важільного механізму, а важільний механізм має регульовану по довжині точку опори.

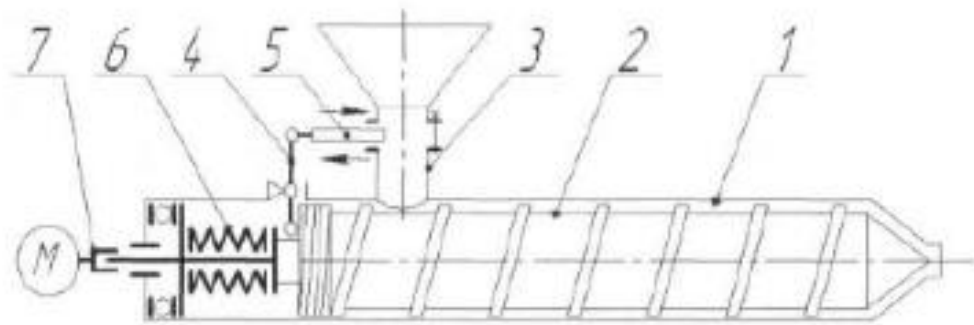


Рисунок 3.6 – Черв'ячний прес з регульованою заслінкою.

В [17] розглянуто черв'як екструдера.

Екструдер містить корпус 1, всередині якого розташований обертовий черв'як 2, а на верхній частині змонтований завантажувальний бункер 3. У корпусі виконані радіальні отвори 4, де вставлені ступінчасті штифти 5. При цьому переміщення штифтів 5 в радіальному напрямку стримується в один бік втулкою 6 з конусною внутрішньою поверхнею 7 і з різьбовою нарізкою 8, а в

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

інший бік - пружиною 9. Для фіксації втулки 6 в осьовому напрямку передбачена гайка 10. На гребенях черв'яка виконані пази 11 в коловому напрямку під радіальними отворами 4. При цьому глибина пазів  $\Delta$  визначається через висоту гребенів  $h$  таким співвідношенням  $\Delta=0,2-0,4h$ .

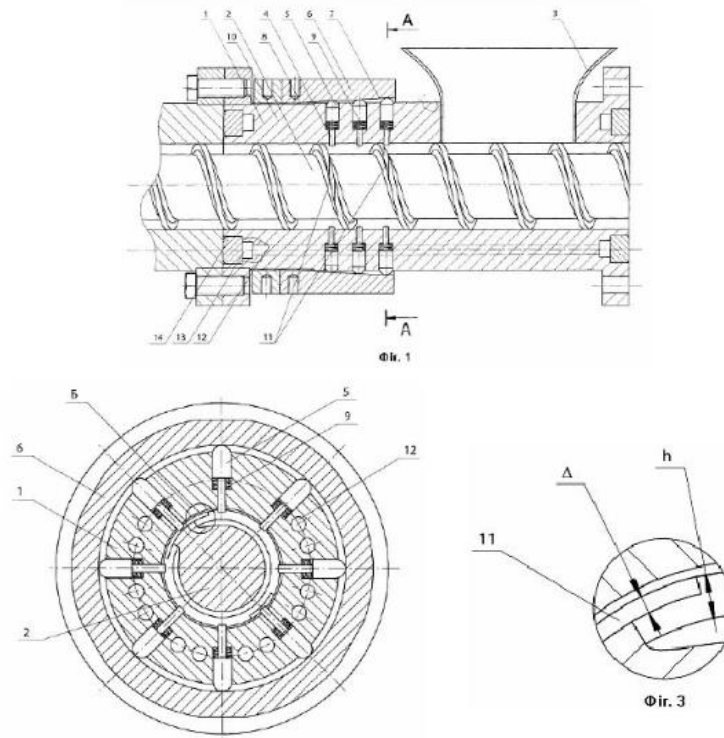


Рисунок 3.7 Черв'ячний прес.

## Висновки

З наведеного огляду літератури та патентів можна зробити висновок, що найбільш доцільно використати рішення приведені в [16], адже використання описаного технічного рішення дозволить отримувати екструзійні полімерні вироби без наявності дефектів, а отже зменшить кількість бракованої продукції.

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Закон про охорону праці в Україні був прийнятий 15 жовтня 1992 року.

Цей законодавчий акт поширюється на підприємства усіх форм власності і всіх працюючих громадян країни.

Закон України про охорону праці встановлює пріоритет життя і здоров'я працюючих, комплексне рішення програми праці, соціальний захист робітників, що постраждали в результаті нещасного випадку.

Законом установлюються нормативні документи, вимоги яких відповідають або вище міжнародних норм і правил.

Поліпшення умов праці, підвищення його безпеки впливають на результати виробництва, на продуктивність праці, якість і собівартість продукції що випускається.

Тема дипломного проекту: Термопласт автомат з модернізацією дозуючого пристрою.

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

#### 4.1 Характеристика виробничих шкідливостей і небезпек.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами є: параметри повітря робочої зони (виділення в повітря шкідливих речовин, що утворюються в процесі роботи);

виробничий шум, що утворюється електродвигунами, вентиляторами;

вплив деталей машин що рухаються й обертаються (деталей електродвигунів, редукторів, черв'яків, ланцюгів);

враження електричним струмом (електромережа живлення установки);

вплив високих температур при нагріванні екструдера, головки;

можливість виникнення пожеж; виробниче освітлення; наявність трубопроводів і посудин під тиском;

наявність елементів устаткування, нагрітих до високих температур;

#### 4.2 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів проектованої установки і заходи їх усунення.

##### 4.2.1 Повітря робочої зони.

Робота оператора на установці - важка фізична робота, тому що лінія працює в умовах шуму, теплових виділень. Робота проводиться в 3 зміни, цілодобово, у будь-який час року.

Енерговитрати за таких умов праці складають більш 300Дж/сек. У зв'язку з цим передбачена можливість відпочинку персоналу.

Оптимальні і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні приведені в таблиці 4.1, а виділення шкідливих речовин у робочу зону в таблиці 4.2.

Параметри повітря робочої зони і видалення шкідливих речовин полімерів,

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

що виділяються при переробці, і їхня нейтралізація повинні забезпечуватися виробником за допомогою відповідних пристроїв і коштів, що передбачаються при проектуванні виробничих приміщень.

При цьому ефективність пристроїв така, щоб масова концентрація шкідливих речовин і запиленість повітря в зоні обслуговування не перевищувала санітарних норм, установлених ГОСТ 12.1.005-88 і СНиП 2 04.05-84.

Таблиця 4.1 – Оптимальні і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні

Сезон року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Допустима	Фактична	Допустима	Фактична	Допустима	Фактична
Холодний та перехідний періоди року	середньої важкості	20-24	21-24	75	65	0,2	0.1-0.12
Теплий період року	середньої важкості	21-28	26-30	60	55	0.1-0.3	0.15-0.2

Таблиця 4.2 – Виділення шкідливих речовин у робочу зону

Речовина	Концентрація	
	Допустима, мг/м <sup>3</sup>	Фактична, мг/м <sup>3</sup>
Этилен	10	8
СО	20	16
СО <sub>2</sub>	0.03	0.01-0.02
PbO и СоО	0.01	0.005-0.009
формальдегіди	5	3



У зв'язку з виділенням тепла в області робочої зони забезпечення параметрів як у теплий так і в холодний час року забезпечується вентиляція повітря в приміщенні.

У якості загальнообмінної вентиляції застосовується механічна приточно-витяжна вентиляція. У цій системі повітря подається в помешкання приточною вентиляцією а віддається витяжною, працюючими одночасно. Притока повітря провадиться в робочу зону, а витяжка - із верхньої зони помешкання ділянки.

#### **4.2.2 Небезпека впливу елементів устаткування, нагрітих до високих температур.**

Небезпечними елементами в ТПА є: поверхні корпуса преса, - температура якого може досягати 250°C.

Причинами травм можуть бути дотики людей до нагрітих поверхонь. В запобіганні травм нагріті елементи ТПА закриваються спеціальними кожухами і маркируються попереджувальними знаками про наявність високої температури. Попереджувачі знаки ставляться на поверхнях, температура яких перевищує 45°C що відповідає СН 245-71.

Інтенсивність випромінювання становить 350 Вт/м<sup>2</sup>; фактичні температури на поверхні становлять 200°C

#### **4.2.1 Виробничий шум.**

Основними джерелами шуму є електродвигуни, редуктори, ланцюгові передачі.

Рівень звукового тиску в октавних смугах частот, рівень звука й еквівалентні рівні звука для постійних робочих місць при працюючому ТПА не повинні перевищувати дозволених норм, установлених по ГОСТ12.1.003-83.

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Еквівалентний рівень звуку 80 дБА на робочих місцях забезпечує зберігання слуху 97% тим що працюють при такому рівні шуму протягом 10 років, і 94% слуху протягом 20 років (ДСН№3.3.6.037-99).

Рівень шуму на робочому місці лежить у припустимих межах, тому що рівень шуму утворюваний вентиляторами й електроустаткуванням складає 75дБ.

Таблиця 4.3 – Припустимі і фактичні рівні звуку.

Найменування звукових характеристик	Середньоггеометричні частоти в октавних смугах, Гц.							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Рівень звукового тиску,дБ	94	87	81	78	75	73	71	69
Фактичне значення шуму,дБ	89	82	76	73	70	68	66	64

Зменшення механічного шуму в ТПА можна досягти:

- примусове змазування тертьових поверхонь,  $\Delta P=4$  дБА;
- балансування обертових елементів,  $\Delta P=6$  дБА;
- прокладочні матеріали і пружні вставки в з'єднання, крім передачі
- коливань від однієї деталі до іншої,  $\Delta P=5$  дБА;

#### 4.2.1 Небезпека впливу частин що рухаються й обертаються

Рухомими частинами ТПА є: муфта, ротори електродвигунів.

Всі рухомі частини подають підвищену небезпеку при експлуатації, тому що можливі механічні травми в обслуговуючого персоналу. В запобіганні

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

нещасливих випадків всі обертові частини, що рухаються, закриті суцільним або сітчастим огородженням. Розміри сторін комірок сітчастого огородження не більш 10 мм.

Експлуатувати ТПА зі знятими огороженнями, несправними або відключеними блокуваннями строго забороняється. Також забороняється проводити ремонт і наладку вузлів ТПА під час його роботи.

#### **4.2.5 Пожежна безпека.**

Відповідно до ОНТП 2486, категорія приміщення. В ТПА призначена для експлуатації в протипожежних зонах класу П-Па по ПУЕ. Стійкість будинку по СНиП 2.01.02-85 відповідає ступеню вогнестійкості II.

Кількість поверхів будинку не обмежується. Найбільша припустима площа поверхів між протипожежними стінами не обмежується.

Серед причин, що викликають загоряння, найбільше ймовірними є:

несправність електроустаткування; струм короткого замикання і перевантаження кабелів живлення;

загоряння ізоляції електропроводів;

використання вогню в неналежному місці;

пряме враження блискавкою, що може викликати пожежу і зробити руйнацію будинків;

іскри при електро- і газозварочних роботах.

Запобігання можливості загоряння забезпечується такими мірами:

дотримання технологічних норм і правил експлуатації;

паління тільки у відведених місцях;

своєчасне проведення інструктажу з техніки безпеки серед обслуговуючого персоналу;

організація агітації по протипожежному захисті;

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

наявність засобів організації, зокрема, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;

наявність засобів пожежегасіння безпосередньої близькості від установки (пісок, вогнегасник);

будинок установлений на відстані не менше 10 метрів від сусіднього будинку і 20 метрів від складів;

на будинку встановлені дліскавковідводи сітчастого виду.

Таблиця 4.4 – Найменші припустимі межі вогненебезпечності будівельних конструкцій.

	Основні будівельні конструкції.	Межа вогнестійкості, час.
1	Несучі стіни, колони	2
2	Зовнішні стіни з навісних панелей	0,25
3	Несучі конструкції, покриття	0,25
4	Несучі конструкції міжповерхових і дахових перекриттів	0,75
5	Внутрішні стіни, перегородки	0,25

Для гасіння невеличких ділянок загоряння при відключеному електроустаткуванні застосовують вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 (2 шт.) і пінні вогнегасники ОХП-10 (1 шт.). Для гасіння включених електромереж застосовують порошкові вогнегасники ОП-10 (1 шт.). Вуглекислотні вогнегасники застосовують також для гасіння складів із ЛВЖ, акумуляторних станцій і т.д. Проте двоокис вуглецю не можна застосовувати для гасіння речовин до складу молекул яких входить кисень, лужних і лужноземельних

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

металів, а також тліючих матеріалів. Повітряно-пінний вогнегасник призначений для гасіння легкозаймистих рідин, пальних рідин, твердих матеріалів.

Ширина прорізу дверей евакуиходу - 2 метра. Кількість виходів - не менше двох. Двері відчиняються назовні

(СНиП 2.09.02-85).

#### **4.2.6 Системи, що працюють під тиском.**

У ТПА присутні трубопроводи, по яких транспортується рідина що охолоджує, повітря і здрібнені отходи під тиском 0,4-0,6 МПа. Також величезний тиск створюється в корпусі черв'ячного преса при видавлюванні полімерного рукава, що створює певну небезпеку обслуговування машини у випадку розірвання трубопроводів або ушкодження корпусу екструдера. При досягненні тиском критичного значення на пульті керування загоряється сигнальна лампа, а також спрацьовує звукова сигналізація.

Відповідно до ГОСТ14201-79 установлене опізнавальне фарбування трубопроводів: вода - зелений; повітря-синій; пальні рідини (олії)-коричневий.

Крім того, повітряпроводи повинні відповідати "Правилам устрою і безпеки експлуатації повітряних компресорів і повітряпроводів", трубопроводи, що знаходяться під тиском "Правилам устрою і безпечної експлуатації трубопроводів пари і гарячої води".

#### **4.2.7 Небезпека враження електричним струмом.**

У зв'язку з тим, що ТПА розташована на металевій рамі, що у свою чергу встановлюється на бетонну станину, відповідно до ПЗУ вона відноситься до небезпечної.

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для живлення елементів ТПА використовується трьохфазова напруга 220/380В із частотою 50Гц з ізольованою нейтраллю.

Основними причинами нещасних випадків від впливу електричного струму на проєктованій ділянці є: помилкове вмикання установки; можливість виникнення крокової напруги;

пробой на корпус;

випадки доторку людей до відкритих частин електроустаткування, що проводять струм;

; старіння ізоляції і втрата ізоляційних властивостей;

доторк до частин установки, які можуть виявитися під напругою у випадку короткого замикання;

Основними заходами захисту від враження електричним струмом на ділянці експлуатації ТПА є:

1) Забезпечення неприступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою (розташування їх на недоступній висоті), для випадкового доторку.

2) Використання щитків, спеціальних знаків небезпеки, що попереджують людину про наявність високої температури, можливості враження електричним струмом і т.д. ( кожному з пунктів небезпеки відповідає свій попереджувальний знак ).

3) Організація безпечної експлуатації електроустаткування, перед роботою установку перевіряють спеціалісти, вона проходить спробну експлуатацію.

4) Усунення небезпеки при появі напруг на корпусах, кожухах і інших частинах електроустаткування, що досягається використанням захисного занулення, подвійної ізоляції.

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ВИСНОВКИ

Метою дипломного проекту є проведення модернізації дозуючого пристрою термопласт автомата. Для цього проведені наступні роботи:

- розглянуто технологічну базову конструкцію, її основні частини та принцип дії. Визначено переваги та недоліки ТПА базової конструкції;
- проведено літературно-патентний огляд.
- для модернізації базової машини обрано рішення з модернізації дозуючого пристрою, що полягає в встановленні заслінки в завантажувальну горловину яка буде приводитись в рух за рахунок осьового переміщення черв'яка [11];
- розглянуто небезпечні виробничі ситуації та розроблено заходи для їх уникнення;
- проведено розрахунки працездатності машини;
- спроектовано 3D модель модернізованого сопла та виконано, за допомогою системи ANSYS, розрахунки його напруженого деформованого стану .

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сівецький В. І. Комп'ютерне проектування екструзійного полімерного устаткування. Навч. пос. К.: «Політехніка», 2003. – 184 с.
2. Сівецький В. І., Радченко Л. Б. Основи моделювання та конструювання черв'ячних екструдерів. Навч. пос. К.: «Політехніка», 2002. – 164 с.
3. Сивецкий В.И., Рахманов В.С., Клявлин В.В. Расчёт и конструирование основных элементов и деталей полимерперерабатывающего оборудования. - Киев: УМК ВО, 1988. – 164 с.
4. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни "Обладнання для виготовлення полімерних упаковок" для студентів напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» / Уклад.: Д.Е. Сідоров. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 12 с.
5. Інженерні розрахунки на ПЕОМ: Завдання для самостійного розв'язання. Навч. посіб. для підготовки бакалаврів за спеціальностями 131 – Прикладна механіка, 133 – Галузеве машинобудування / Уклад.: Д.Е. Сідоров, І.О. Казак. – Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2019. – 99 с. Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27600>
6. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. - Москва, Химия, 1986. - 488 с.
7. Торнер Р.В. Акутін М.С. Оборудование заводов по переработке пластмасс – Москва, Химия, 1986. - 400 с.
8. Басов Н.И., Брагинский В.А., Казанков Ю.В. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов – Москва, Химия, 1991. – 352 с.
9. Торнер Р.В. Теоретические основы переработки полимеров – Москва, Химия, 1977. – 464 с.

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



10. Тадмор З., Гогос К. Теоретические основы переработки полимеров – Москва, Химия, 1984. – 632 с.
11. Пристрій для автоматичного наповнення бункера. Патент №2018093395 (US), МПК В 29 С 47/10, 29 С 47/2692 .
12. Пристрій для автоматичного розвантаження бункера. Патент № 2018093405 (US), МПК В29С 47/10, В29В 47/286.
13. Пристрій для підготовки та змішування. Патент №1407827 (SU), МПК В 29 С 47/22.
14. Екструдер для переробки термопластичних матеріалів. Патент №98920 (UA), МПК В 29 С47/36, В 30 В 9/14.
15. Дво-черв'ячний екструдер з розширеною завантажувальною горловиною. Патент US 2015.0017274A1, В29С 47/60.
16. Черв'ячний прес з регульованою заслінкою. Патент №89061 (UA), В29С 47/10.
17. Черв'ячний прес. Патент №87091(UA), В29С 47/36.

					ЛП51(1).122186.01-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## Зміст

1 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ .....	2
1.1 Розрахунок черв'яка на стиск .....	2
1.2 Розрахунок черв'яка на кручення.....	5
1.3 Розрахунок черв'яка на жорсткість.....	6
1.4 Розрахунок черв'яка на витривалість.....	7
2 ПАРАМЕТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК.....	9
2.1 Розрахунок геометрії черв'яка .....	9
2.2 Розрахунок потужності приводу .....	12
3 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК.....	15
ЛІТЕРАТУРА.....	20

					<i>ЛП51(1).122186.01-PP</i>		
<i>Змн</i>	<i>Лист</i>	<i>№ доки</i>	<i>Підпис</i>	<i>Пот</i>			
<i>Розробл</i>		Прищепя А.О.			Термопласт автомат з модернізацією дозуючого пристрою	<i>Літ</i>	<i>Алк</i>
<i>Перевір</i>		Лелека С.В.					1
<i>Ревіз</i>						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІХФ	
<i>Н</i>							
<i>Затверд</i>		Гондляр О.В					

# 1 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ

## 1.1 Розрахунок черв'яка на стиск

Метою розрахунку є визначення працездатності черв'яка.

На черв'як діють такі силові фактори:

- осьове зусилля  $P_{oc}$ ;
- рівномірно розподілене навантаження від власної ваги  $q$ ;
- обертальний момент  $M_{об}$ .

Схема навантаження черв'яка та епюри напружень зображені на рис.3.1

Розраховуємо крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{9550N}{n} = \frac{9550 \cdot 90}{80} = 10,7 \cdot 10^3 \text{ Нм} \quad (1.1)$$

де  $N=90$  –потужність, яка споживається черв'яком, кВт,  $n=80$  - швидкість обертання черв'яка, об/хв.

Осьове зусилля:

$$P_{oc} = \frac{2M_{кр}}{D} = \frac{2 \cdot 10,7 \cdot 10^3}{0,09} = 238 \text{ кН} \quad (1.2)$$

де  $D=0,09$  - зовнішній діаметр черв'яка, м.

Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9,81G}{l_p} = \frac{9,81 \cdot 54}{2,250} = 235 \text{ кН} \quad (1.3)$$

де  $G$  – маса черв'яка, кг,  $l_p=2,250$  - довжина робочої частини черв'яка, м.

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$M_{max} = 0.5ql_p^2 = 0.5 \cdot 235 \cdot 2.25^2 = 595 \text{ кН.} \quad (1.4)$$

$W_x$ - осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3(1 - a^4)}{32} = \frac{\pi \cdot 0,072^3(1 - 0,29^4)}{32} = 3,6 \cdot 10^{-5}. \quad (1.5)$$

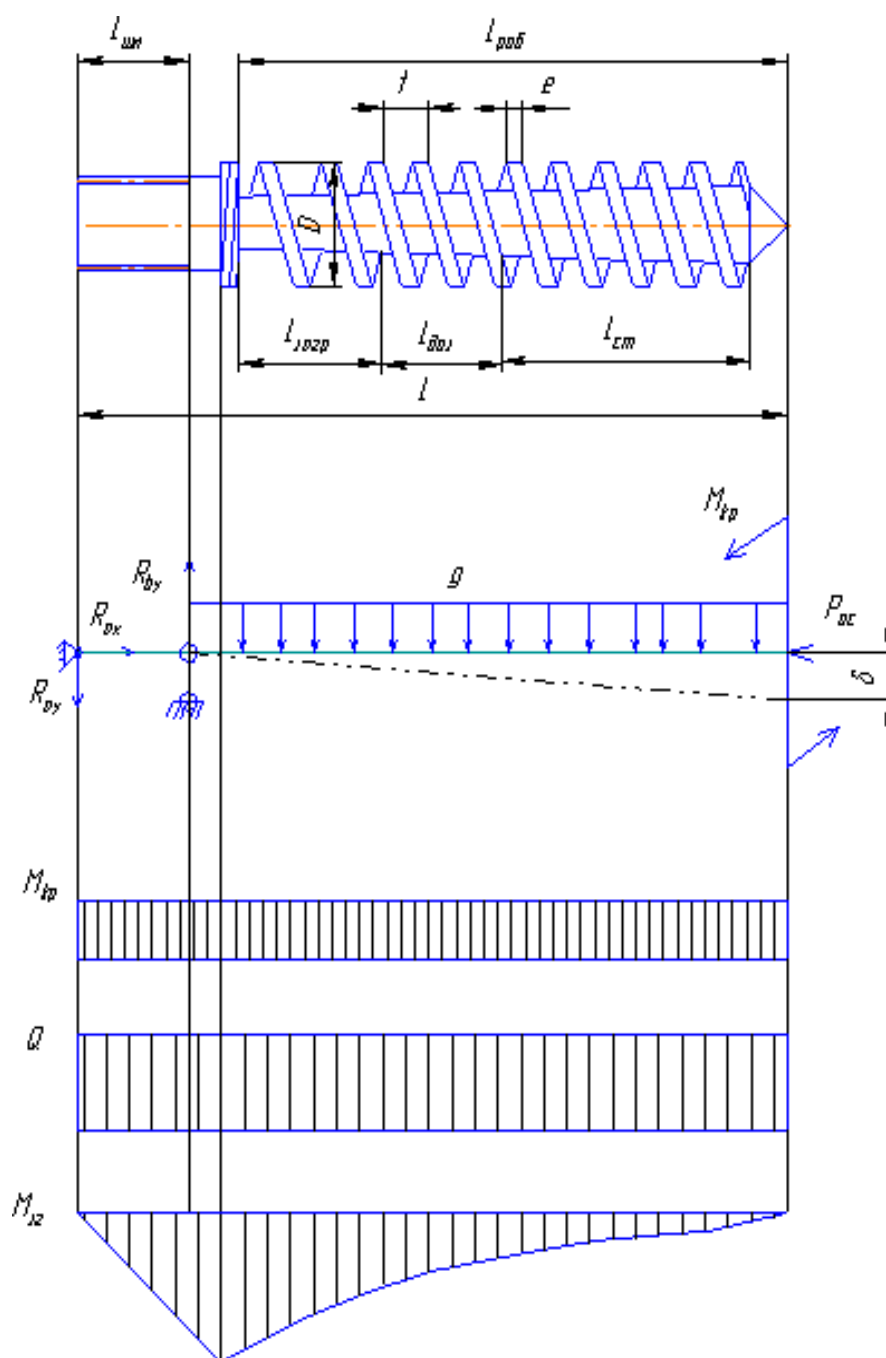


Рис. 1.1 Розрахункова схема червяка та епюри напружень.

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Стисне напруження:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{P_{\text{ос}}}{F} + \frac{M_{\text{max}}}{W_x \frac{53,1 \cdot 10^3}{3,7 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{595}{3,6 \cdot 10^{-5}}} \quad (1.6)$$

де  $F$ - площа небезпечного перерізу (під завантажувальною воронкою в місці початку нарізки, де найбільші навантаження і найменша площа, без урахування площі перерізу витків):

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} (1 - a^2) = \frac{3,14 \cdot 0,072^2}{4} (1 - 0,29^2) = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2, \quad (1.7)$$

$$a = \frac{d_0}{d_1} = \frac{0,02}{0,072} = 0,29, \quad (1.8)$$

де  $d_0$  – діаметр осердя в зоні завантаження.

Дотичне напруження:

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W_p} = \frac{10,7 \cdot 10^3}{9,3 \cdot 10^{-5}} = 115 \text{ МПа}, \quad (1.10)$$

де  $W_p$  – полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3 (1 - a^2)}{16} = \frac{3,14 \cdot 0,072^3 \cdot (1 - 0,29^2)}{16} = 9,3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3, \quad (1.11)$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{\text{ст}} = \sqrt{\sigma_{\text{ст}}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{120^2 + 4 \cdot 115^2} = 260 \text{ МПа}. \quad (1.12)$$

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Коефіцієнт запасу повинен перевищувати допустиме значення:

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{\text{екв}}} \geq [n]. \quad (1.13)$$

Матеріал червяка сталь 38Х2МЮА для якої  $\sigma_t=880$  МПа.

Значення допустимого коефіцієнта запасу зазвичай 1,6...2 [ ]

$$n = \frac{880}{260} = 3,38 \in [1,6; 2]. \quad (1.14)$$

Умова міцності черв'яка виконується.

## 1.2 Розрахунок черв'яка на кручення

Перевіряємо найбільш слабкий переріз на кручення:

$$N_t = \frac{\tau_1}{\tau_p \left( \frac{k_t}{\beta \cdot \varepsilon_t} + \zeta_\tau \right)} = \frac{252 \cdot 10^6}{42,2 \cdot 10^6 \left( \frac{1,9}{0,9 \cdot 0,59} + 0,05 \right)} = 1,6, \quad (1.16)$$

де  $\tau_1=252 \cdot 10^6$  – межа втоми при крученні для сталі 38Х2МЮА, Па,  $\beta=0,9$  – коефіцієнт стану поверхні,  $K_t=1,9$  – ефективний коефіцієнт концентрації напружень,  $\varepsilon_t = 0,59$ - коефіцієнт, що враховує вплив змінної складової напруження,  $\zeta = 0,05$  - коефіцієнт, що враховує вплив постійної складової напруження. Розрахункове напруження кручення:

$$\tau_p = \frac{M_{\text{кр}}}{2 \cdot W_{ro}} = \frac{4,3 \cdot 10^3}{2 \cdot 5,1 \cdot 10^{-5}} = 42,2 \text{ МПа}, \quad (1.16)$$

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де  $W_{ro}$  – полярний момент опору крученню перерізу черв'яка з врахуванням жорсткості витків.

$$W_{ro} = 2 \cdot \frac{I}{R} = 2 \cdot \frac{9,278 \cdot 10^{-7}}{0,036} = 5,1 \cdot 10^{-5}, \quad (1.17)$$

де  $I=9,278 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$  – полярний момент інерції перетину черв'яка,  $R=0,036$  – радіус сердечника черв'яка.

Підставивши всі значення в формулу, отримуємо запас міцності 1.6, що задовольняє умови.

### 1.3 Розрахунок черв'яка на жорсткість

Важливим є забезпечення умов жорсткості – максимальний прогин черв'яка повинен бути меншим конструкційного зазору  $\delta k_{max}$ .

Вихідні дані: матеріал черв'яка сталь 38Х2МЮА, діаметр черв'яка  $d=90$  мм, зазор між корпусом і черв'яком  $\delta = 0,3$  мм,  $E$  - модуль пружності  $E=2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ ;  $I=9,278 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$  – полярний момент інерції перетину черв'яка;  $P_{oc} = 48 \text{ кН}$ .

Максимальний прогин дорівнює :

$$\delta = \frac{1}{IE} \left[ \frac{q}{k^2} \left( \frac{1}{k^2} + \frac{l_p}{2} \right) - \frac{1}{k} \left( \frac{q}{k^2} + A \cdot l_p \right) \cdot \cos(k \cdot l_p) - \frac{1}{k^2} \left( \frac{q \cdot l_p}{k} - A \right) \cdot \sin(k \cdot l_p) \right], \quad (1.18)$$

де

$$k = \sqrt{\frac{P_{oc}}{EI}} = \sqrt{\frac{48000}{2 \cdot 10^5 \cdot 9,278 \cdot 10^{-7}}} = 0,58, \quad (1.19)$$

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$A = \frac{q \left[ l_p - \frac{1}{k} \sin(k \cdot l_p) \right]}{k \cdot \cos(k \cdot l_p)} = \frac{2,35 \cdot \left[ 2,25 - \frac{1}{0,58} \cdot \sin(0,58 \cdot 2,25) \right]}{0,58 \cdot \cos(0,58 \cdot 2,25)} = 9,25. \quad (1.20)$$

Максимальний прогин в мережах допустимого:

$$\delta = \frac{1}{9,278 \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{11}} \left[ \frac{2,35}{0,58^2} \left( \frac{1}{0,58^2} + \frac{2,25}{2} \right) - \frac{1}{0,58} \left( \frac{2,35}{0,58^2} + 9,25 \cdot 2,25 \right) \cdot \cos(0,58 \cdot 2,25) - \frac{1}{0,58} \left( \frac{2,35 \cdot 2,25}{0,58} - 9,25 \right) \cdot \sin(0,58 \cdot 2,25) \right] \max. \quad (1.21)$$

#### 1.4 Розрахунок черв'яка на витривалість

Оскільки черв'як витримує загальний момент навантаження від циклічної дії власної ваги, доцільна його перевірка на витривалість.

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{(k_\sigma)_d \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_c} = \frac{340}{1,4 \cdot 0,3} = 805, \quad (1.21)$$

де  $n_\sigma$  – коефіцієнт запасу міцності під час циклічного навантаження;  $\sigma_{-1}$  – допустиме напруження під час циклічного навантаження (беруть  $\sigma_{-1}=0,4 \sigma_B$ ;  $\sigma_a$  – амплітуда змінювання напружень, у цьому випадку вони змінюються від плюс  $\sigma_{max}$  до мінус  $\sigma_{max}$ ;  $\sigma_{max}$  – найбільше напруження від дії згинального моменту;  $\sigma_{max}=M_{max}/W_x$ ;  $\sigma_c$  – середнє напруження циклу,  $\sigma_c=0$ , оскільки цикл симетричний;  $\psi_\sigma$  – коефіцієнт, що залежить від виду матеріалу, для сталей з  $\sigma_B=1200\dots1400$  МПа  $\psi_\sigma=0,25$ ;  $(k_\sigma)_d$  ефективний коефіцієнт концентрації напружень, який можна знайти із формули:

$$(k_\sigma)_d = \frac{k_\sigma}{(\beta_\epsilon)} = \frac{2}{(1 \cdot 0,3)} = 6,6, \quad (1.22)$$

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



де  $k_{\sigma}$  – коефіцієнт концентрації напружень, для цього випадку  $k_{\sigma}=1,9\dots 2$ ;

$\beta$  – коефіцієнт, який враховує якість поверхні деталі; для полірованої поверхні черв'яка  $\beta=1$ ;

$\varepsilon$  – коефіцієнт, який враховує розмір перерізу деталі,  $\varepsilon=0,3$  для деталей з легированих сталей за наявності концентрації напружень.

Таким чином запас витривалості черв'яка є достатнім.

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 2 ПАРАМЕТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК

### 2.1 Розрахунок геометрії черв'яка

Черв'як є основним вузлом черв'ячної машини і призначений для транспортування полімерного матеріалу від завантажувальної лійки до формуючої головки, а також для ретельного перемішування і видавлювання з головки.

Діаметр черв'яка є основним параметром, що характеризує продуктивність черв'ячної машини.

У лінії представлені в даному дипломному проекті використовується екструдер з черв'яком, зовнішній діаметр якого  $D=90\text{мм}$  ГОСТ 114441 – 90, відношення довжини робочої частини до його діаметра, для переробки пластифікованого ПЕНГ приймаємо  $25D$ .

Інші параметри черв'яка вибираються в залежності від матеріалу, що переробляється. У даному випадку матеріалом, що переробляється, є пластикацій ний поліетилен низької густини, базові параметри черв'яка обчислюються виходячи з залежностей представлених нижче. Схема черв'яка представлена на (рисунку 1.2).

Вихідні дані: діаметр черв'яка  $D=90\text{ мм}$ , загальна довжина черв'яка  $25D$ , крок нарізки черв'яка  $t=90\text{ мм}$ , матеріал що перероблюється – поліетилен низької густини.

Проводимо розрахунок геометрії черв'яка згідно з [2] :

Довжина гвинтової частини черв'яка:

$$l_{\Gamma} = D \cdot (l_p/D) = 90 \cdot 25 = 2250 \text{ мм.} \quad (2.1)$$

Довжина шліцевої частини черв'яка:

$$l_{\text{шл}} = 1,25 \dots 1,5D = 1,3 \cdot 90 = 117 \text{ мм.} \quad (2.2)$$

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Довжина підшипника ковзання:

$$l_{\text{під}} = 1 \dots 2D = 1,5 \cdot 90 = 135 \text{ мм.} \quad (2.3)$$

Довжина нарізної відбійної частини:

$$l_{\text{н}} = 1.2 \cdot D = 1,2 \cdot 90 = 108 \text{ мм.} \quad (2.4)$$

Довжина хвостової частини черв'яка:

$$l_{\text{хв}} = l_{\text{н}} + l_{\text{під}} + l_{\text{шл}} = 108 + 135 + 117 = 360 \text{ мм.} \quad (2.5)$$

Загальна довжина черв'яка:

$$l_{\text{заг}} = l_{\text{хв}} + l_{\Gamma} = 2250 + 360 = 2610 \text{ мм.} \quad (2.6)$$

Довжина зони дозування:

$$l_{\text{д}} = 0,4 \dots 0,6 l_{\text{р}} = 0,48 \cdot 2250 = 1080 \text{ мм.} \quad (2.7)$$

Довжина зони завантаження:

$$l_{\text{з}} = 0,25 \dots 0,35 l_{\text{р}} = 0,25 \cdot 2250 = 562,5 \text{ мм.} \quad (2.8)$$

Довжина зони пластикації  $l_{\text{п}} > 0,2 l_{\text{р}}$ :

$$l_{\text{п}} = l_{\text{р}} - l_{\text{д}} - l_{\text{з}} = 2250 - 1080 - 562,5 = 607,5 \text{ мм.} \quad (2.9)$$

$607,5 > 0,2 \cdot 2250 = 450 \text{ мм.}$  – умова виконується

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Крок нарізки витків  $t$  (в середньому  $t = D$ ):

$$t = 0,8 \div 1,2 D = 1 \cdot 90 = 90 \text{ мм.} \quad (2.10)$$

Ширина витка:

$$e = 0,08 \div 0,12 D = 0,08 \cdot 90 = 7,2 \text{ мм.} \quad (2.11)$$

Глибина нарізки в зоні завантаження:

$$h_1 = 0,1 \div 0,14 D = 0,10 \cdot 90 = 9 \text{ мм.} \quad (2.12)$$

Діаметр сердечника черв'яка в зоні завантаження  $d_1$ :

$$d_1 = D - 2 h_1 = 90 - 2 \cdot 9 = 72 \text{ мм.} \quad (2.13)$$

14. Глибина нарізки в зоні дозування  $h_2$ :

$$h_2 = 0,5 \cdot \left[ D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} (D - h_1)} \right] = 0,5 \cdot \left[ 90 - \sqrt{90^2 - \frac{4 \cdot 9}{2,5} (90 - 9)} \right] \\ = 3 \text{ мм,} \quad (2.14)$$

де  $i$  – коефіцієнт стиснення, звичайно рівний 2 - 3 для різних матеріалів.  
приймаємо  $i=2,5$ .

Діаметр сердечника черв'яка в зоні дозування:

$$d_2 = D - 2 h_2 = 90 - 2 \cdot 3 = 84 \text{ мм.} \quad (2.15)$$

Зазор між гребенем черв'яка і внутрішньою поверхнею корпусу  $\delta$

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$0,1 \text{ мм} < \delta < 0,3 \text{ мм}$$

$$\delta = 0,002 \div 0,003 D = 0,0025 \cdot 90 = 0,225 \text{ мм.} \quad (2.16)$$

## 2.2 Розрахунок потужності приводу

Потужність, яка витрачається черв'ячною машиною для переробки пластичних мас, йде на переміщення матеріалу в гвинтовому каналі черв'яка і на зріз матеріалу в зазорі між гребенем і внутрішньою стінкою циліндра або гільзи.

I. В каналі гвинтової нарізки.

$$N_1 = \frac{10^{-13} \pi^3 (t - e) \cdot L \cdot j \cdot \mu_k \cdot n^2}{36t} + \frac{10^{-5} \cdot \alpha \cdot \Delta P \cdot n}{6} \quad (2.17)$$

$n$  – швидкість обертання черв'яка, об/хв

$\alpha$  – постійна прямого потоку,  $\text{см}^3$

$\mu_k$  – в'язкість матеріалу в каналі

$j$  – коефіцієнт, обчислюється за формулою

$$j = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4t^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot D^5}{t^2 + \pi^2 \cdot D^2} = \frac{\pi^2 \cdot 90^2 - 4 \cdot 90^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot 90^5}{90^2 + \pi^2 \cdot 90^2}$$

$$= 666684 \quad (2.18)$$

Знайдемо значення  $\gamma_k$  швидкість зсуву в каналі екструдера:

$$\gamma_k = \frac{\pi^2 D^2 n}{h_2 \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + 2t^2}} = \frac{\pi^2 \cdot 90^2 \cdot 80/60}{3 \sqrt{\pi^2 \cdot 90^2 + 2 \cdot 90^2}} = 86,25 \text{ с}^{-1} \quad (2.19)$$

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

По графіку залежності  $\mu = f(\gamma)$  [12] знаходимо ефективну в'язкість матеріалу в каналі:

$$\mu_k = 12 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}^{-1}.$$

Тоді потужність в каналі:

$$N_1 = \frac{10^{-13} \pi^3 (90 - 7,2) \cdot 1080 \cdot 666684 \cdot 12 \cdot 10^4 \cdot 80^2}{36 \cdot 90} + \frac{10^{-5} \cdot 30,95 \cdot 11 \cdot 10^3 \cdot 60}{6} = 43,7 \text{ кВт.} \quad (2.20)$$

В зазорі між гребнем черв'яка і корпусом екструдера.

$$N_2 = \frac{10^{-13} \pi^3 e L D^3 \mu_k n^2}{36 t \sigma}. \quad (2.21)$$

Знайдемо значення швидкості зсуву:

$$\gamma_3 = \frac{\pi D n}{\sigma} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 80/60}{0,225} = 1675 \text{ с}^{-1}. \quad (2.22)$$

По графіку залежності  $\mu = f(\gamma)$  [12] знаходимо ефективну в'язкість матеріалу в каналі:

$$\mu_3 = 1,2 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}^{-1}.$$

Потужність в зазорі:

$$N_2 = \frac{10^{-13} \pi^3 \cdot 7,2 \cdot 1080 \cdot 90^3 \cdot 1,2 \cdot 10^4 \cdot 80^2}{36 \cdot 90 \cdot 0,225} = 1,85 \text{ кВт} \quad (2.23)$$

Загальна потужність що споживається в зоні дозування дорівнює:

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$N_{\text{д}} = N_1 + N_2 = 43,7 + 1,85 = 45,45 \text{ кВа} \quad (2.24)$$

Потужність спожива на всій довжині черв'яка дорівнює:

$$N_{\text{ч}} = 2N_{\text{д}} = 2 \cdot 45,45 = 90,90 \text{ кВа} \quad (2.25)$$

Враховуючи КПД машини ( $\eta = 0,65 \dots 0,75$ ), то потужність дорівнює:

$$N_{\text{д}} = \frac{N}{\eta} = \frac{90,90}{0,85} = 107 \text{ кВа} \quad (2.26)$$

По проведеним розрахункам вибираємо асинхронний двигун типу 4A280S4Y3 по ГОСТ 19523-74 потужністю  $N=110$  кВт; з синхронною частотою обертання – 1500 об/хв; габаритні розміри якого 1320x660x535.

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### 3 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

Мета розрахунку: визначити кількість тепла, яку необхідно підвести електронагрівачами.

Вихідні дані:

Потужність, встановлена електродвигуном, $N$ , кВт	110;
Продуктивність по ПНГ, $G_m$ , кг/год	180;
Початкова температура матеріалу, $T_{II}$ , К,	293;
Кінцева температура матеріалу, $T$ , К	498;
Температура поверхні кожуха, $T_{кож}$ , К	318;
Температура повітря, $T_p$ , К	293;
Діаметр теплообмінної поверхні, $D_n$ , м	0,9;
Довжина теплообмінної поверхні, $L$ , м	2.3;
ККД приводу преса, $\eta_1$	0,75;
ККД електродвигуна, $\eta_2$	0,9;
ККД перетворення механічної енергії в теплову, $\eta_3$	0,78;
Коефіцієнт теплоємності ПНГ, $C$ кДж/(кг·К)	2;
Ступінь чорноти матеріалу кожуха, $E$	0.6;

Тепловий баланс преса:

$$Q_N + Q_{Q_1} = G_M \cdot C_M \cdot (T_{кож} - T_1) + Q_{втр} + Q_{ох}, \quad (3.1)$$

де  $Q_N$  – кількість тепла, яке виділяється при використанні потужності:

$$Q_N = N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 110 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,78 = 57,9 \text{ кВт}. \quad (3.2)$$

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



$Q_{втр}$  – втрати тепла в оточуюче середовище:

$$Q_{втр} = Q_k + Q_{випр} , \quad (3.3)$$

де  $Q_k$  – втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією:

$$Q_k = \alpha_k F (T_{кож} - T_v), \quad (3.4)$$

де  $F$  – теплообмінна поверхня екструдера:

$$F = \Pi \cdot D_{\Pi} \cdot L = 3,14 \cdot 0,9 \cdot 2,3 = 6,5 \text{ м}^2, \quad (3.5)$$

де  $\alpha_k$  – коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначений за формулою:

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda_m}{D_{\Pi}}, \quad (3.6)$$

де  $Nu$  – критерій Нуссельта,  $\lambda_m$  - коефіцієнт теплопровідності при середній температурі.

Критерій Нуссельта визначається за формулою:

$$Nu = C \cdot (Cr \cdot Pr)_m^n , \quad (3.7)$$

де  $Cr$  – критерій Грасгофа, визначений за формулою:

$$Gr = \frac{\beta \cdot B^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\nu_m^2} . \quad (3.8)$$

Розрахункова температура:

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$T_p = \frac{T_{\text{кож}} + T_{\text{п}}}{2} = \frac{318 + 293}{2} = 305,5 \text{ K} = 32,5 \text{ C}^\circ. \quad (3.8)$$

Знаходимо значення теплофізичних параметрів та критеріїв подібності при розрахунковій температурі:  $\lambda_m = 0,43 \text{ Вт/(м·К)}$  – коефіцієнт теплопровідності,  $\nu_m = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості,  $Pr = 0.7$  – критерій Прандтля.

Знаходимо критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{\beta \cdot B^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\mu^2} = \frac{1}{273 + 32,5} \cdot \frac{0,66^3 \cdot 9,81 \cdot 10^{12}}{12,5^2} (45 - 20) \\ = 148 \cdot 10^6. \quad (3.9)$$

Добуток  $Gr \cdot Pr$ :

$$Gr \cdot Pr = (148 \cdot 10^6 \cdot 0,7) = 103 \cdot 10^6. \quad (3.10)$$

Знаходимо критерій Нуссельта:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)_m^n = 0,5 \cdot (103 \cdot 10^6)^{0,25} = 50,4. \quad (3.11)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначається за формулою:

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda_m}{D_{\text{п}}} = \frac{50,4 \cdot 0,43}{0,9} = \frac{24 \text{ Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}. \quad (3.12)$$

Втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією за формулою:

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$Q_k = \alpha_k F (T_{\text{кож}} - T_{\text{в}}) = 24 \cdot 6.5 (318 - 293) = 3900 \text{ Вт.} \quad (3.13)$$

Втрати тепла в оточуюче середовище випромінюванням:

$$Q_{\text{випр}} = 5,67 E F \left( \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right) = 5,67 \cdot 0.6 \cdot 6.5 \left( \left( \frac{318}{100} \right)^4 - \left( \frac{293}{100} \right)^4 \right) = 632 \text{ Вт,} \quad (3.14)$$

де  $T_1$  – абсолютна температура кожуха, °С,  $T_2$  – абсолютна температура оточуючого середовища, °С.

$$Q_{\text{втр}} = Q_k + Q_{\text{випр}} = 3900 + 632 = 4532 \text{ Вт.} \quad (3.15)$$

Кількість тепла, яка йде на охолодження черв'яка:

$$Q_{\text{ох}} = C_v \cdot G_v \cdot \Delta t = 4200 \cdot 1.6 \cdot 10 = 67200 \text{ Вт,} \quad (3.16)$$

де  $C_v = 4,2 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$  – теплоємність води,  $\Delta t = 10\text{--}15 \text{ }^\circ\text{С}$  – перепад температури води на вході і виході із зони охолодження,  $G_v = f \cdot w \cdot p$  – кількість протікаючої води,  $p = 1000 \text{ кг/м}^3$  – густина води,  $w = (0,4 - 0,8) \text{ м/с}$  – швидкість течії води,  $f$  – площа пересічення підходящих трубок.

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,05^2}{4} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2. \quad (3.17)$$

$$G_v = f \cdot w \cdot p = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 \cdot 1000 = 1.6 \text{ кг/с.} \quad (3.18)$$

Кількість тепла, яке підводиться до корпусу електронагрівачами:

					ЛП51(1).122186.01-PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$Q_{Q_1} = G_M C_M (T_{\text{кож}} - T_B) + Q_{\text{втр}} + Q_{\text{ох}} - Q_N = 180 \cdot 2(498 - 293) + 4532 + 67200 - 57900 = 73800 \text{ кДж/год} - 264152 \text{ Вт} = 20500 + 13883 = 34,3 \text{ кВт}$$

(3.18)

Таким чином, для забезпечення нагрівання матеріалу до заданої температури і компенсації втрати тепла в оточуюче середовище в пресі встановлено 9 індукційних нагрівача потужністю 4 кВт.

					<i>ЛП51(1).122186.01-PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ЛІТЕРАТУРА

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. Учеб. для вузов. – М.Химия, 1986, с.488.

2. Калинин Э.Л., Калинин Е.И., Саковцева М.Б. Оборудование для литья пластмасс под давлением: Расчет и конструирование – М.: Машиностроение, 1985 – 256с.

3. Малиновський В.В. Процеси та апарати хімічних виробництв. Теплові процеси.– К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 99 с.

4. Справочник: теплофизические и реологические характеристики термопластов.

5. Сівецький В.І. Основи моделювання і конструювання черв'ячних екрудерів/ К.-Політехніка,202, с.150

6. ГОСТ 19523-74. Двигуни трьохфазні асинхронні короткозамкнуті серії 4А потужність від 0.06 до 400 кВт. Загальні технічні умови.

					<i>ЛП51(1).122186.01-PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## Зміст

1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ .....	3
1.1 ОПИС ТА ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ .....	4
1.2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ .....	5
2. ВИБІР ПРИСТОСУВАННЯ .....	6
2.1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИП РОБОТИ ПРИСТОСУВАННЯ.....	6
2.2 РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ.....	7
ВИСНОВКИ.....	9

					ЛП51(1).122186.03-70TE			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Термопластавтомат з модернізацією дозуючого пристрою	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Прищепя А.О.						2	
Перевір.	Борицький С.О					КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Керівник								
Н. Контр.								
Затверд.	Гондляр О.В.							

## 1 Технологія виготовлення деталі

Метою розділу проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – півмуфта та вибір пристосування для однієї з операцій виготовлення деталі.

У процесі виконання роботи вирішуються такі завдання, як: розробка технології виготовлення деталі „півмуфта”, в яку входить вибір методу отримання заготовки, вибір устаткування і інструментів для кожної операції.

Матеріал деталі має достатню пластичність для обробки тиском. Заготовка (рисунок 1.1) за формою та розмірами близька до форми та розмірів готової деталі, а це є ознакою технологічності.

Матеріал деталі сталь 40ХС добре піддається різанню з використанням стандартних ріжучих матеріалів (твердий сплав, швидкоріжуча сталь). Всі поверхні деталі доступні для ріжучого інструменту. Ступені поверхонь обертання зменшуються в одному напрямку – це технологічно.

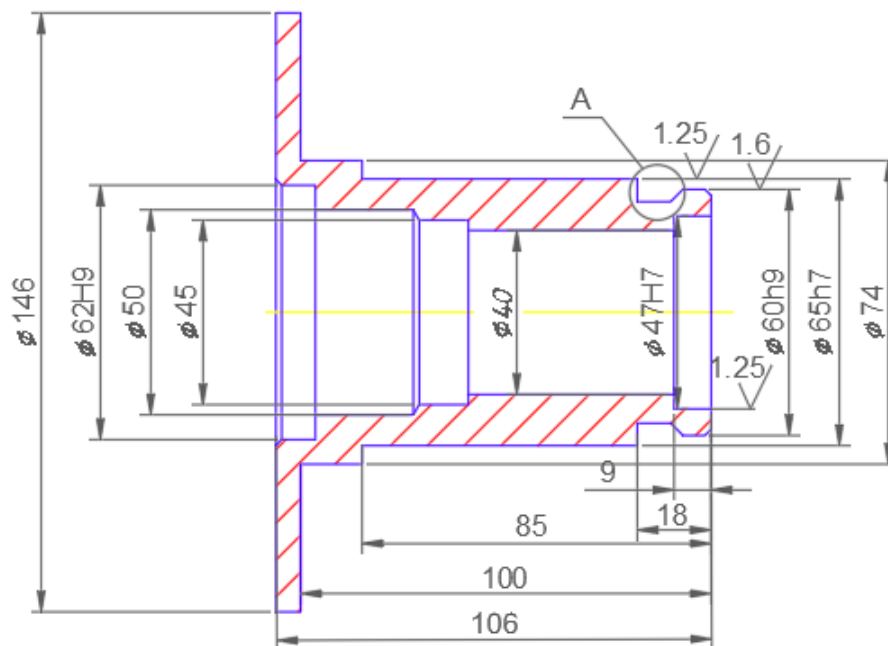


Рисунок 1.1 – Півмуфта

					Арк.
					3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

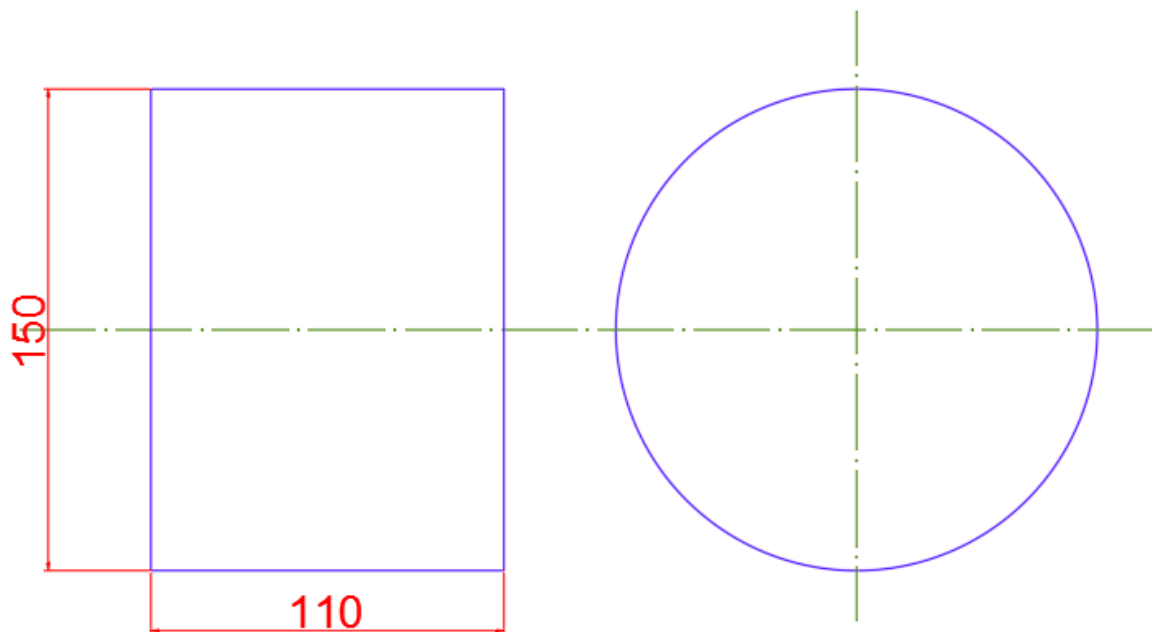


Рисунок 1.2 – Заготовка півмуфти

### 1.1 Опис та призначення деталі

Муфта представляє собою циліндричну деталь з точними отворами, що забезпечують співісність усіх отворів. Аналіз технологічності муфти дозволяє зробити такі висновки: - конструкція муфти допускає обробку точної поверхні В і інших поверхонь; - деталь не має глухих точних отворів і не вимагає підрізування внутрішніх або закритих торців; усі оброблювані поверхні та отвори або паралельні, або розміщені під прямим кутом один до одного; - конструкція відзначається високою жорсткістю і припускає високі режими різання; деталь має точні поверхні А В С В достатньо великих розмірів, які можна використати як технологічні бази; враховуючи річну програму випуску і конфігурацію, недоцільно міняти матеріал деталі, або замість прокату використовувати зварну так як прокат зменшує трудомісткість її обробки; в конструкції муфти передбачені площини і отвори, які можна обробляти стандартним інструментом. В цілому конструкція муфти технологічна, але є декілька зауважень: - циліндрична частини (6 мм) і з'єднувальна частина (6 мм) занижені ; - для підвищення технологічності ці місця можна потовщити до 10 мм якщо це дозволяє простір розташування деталі- наявність фаски 1 x 45° в отворі Ø 47H7 з

						Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



боку може бути виконаною після перестановлення деталі і просвердлення на прохід центрального отвору  $d=40\text{мм}$ , після чого будуть розточені або розсвердлені до необхідної глибини. Також необхідно забезпечити необхідні допуски для отворів  $d=47\text{H7}$  та  $d=62\text{H9}$  необхідно виконати розрахунки і з'ясувати питання з конструкторами. Оскільки конкретне призначення муфти невідоме, то залишимо його конструкцію без змін.

## 1.2 Технологічний процес виготовлення деталі

Процес виготовлення півмуфти наводимо в маршрутній карті та операційних картах. Схема базування заготовки та типу установочних елементів визначенні технологом.

						Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. Вибір пристосування

Розглянемо пристосування для фрезерних станків, передбачаючи фрезерні операції.

В серійному виробництві задача підвищення виробництва и полегшення праці робочих являється головною, тому пристосування мусить бути швидкодіючим, тобто максимально оснащеними механізованими силовими приводами, а в ряду випадків напівавтоматичними.

Для досягнення високої якості та продуктивності при виготовленні півмufти, в усіх операціях, наведеними в [1; 2], для серійного виробництва використовують спеціальні пристрої з швидкодіючим затисканням заготовок.

Обробку виконують стандартним інструментом. Матеріал різальної частини торцевої фрези і різців – швидко ріжуча сталь P18Ф2, що рекомендується при обробці сталі 40Х [10].

Для свердління, розвертання отворів і нарізання різьби використовують інструменти із швидкорізальної сталі Р6М5 та інших.

### 2.1 Опис конструкції і принцип роботи пристосування

Ділильна голівка представлена в складальному корпусі який складається з кутика 3 и плити 2, встановлений шпиндель 1, на одному кінці якого змонтований трьох кулачковий патрон, а на іншому фланець 4 з пружиним фіксатором. Шпиндель фіксується в осьовому положенні за допомогою гайки 5. Куттик 3 має 12 розташованих по колу отворів з однаковим шагом, з впресованими сталевими загартованими втулками 7. При повороті відтягують ручку 6, сполучену з плунжером 8 штифтом 7, і роблять необхідний поворот. Пружина 9 досилає плунжер фіксатора в потрібне гніздо. В цьому положенні шпиндель фіксують тангенційним затискачем за допомогою рукоятки 10.

						Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Розрахунок пристосування

Закріплення заготовки в патроні виконується за допомогою затискного гвинта. Визначаємо силу притискання заготовки  $P$  прихватами:

$$P_{max} = \frac{2M_{MAX} \cdot k}{D \cdot f} = \frac{2 \cdot 46 \cdot 2.5}{0.15 \cdot 0.16} = 9583H$$

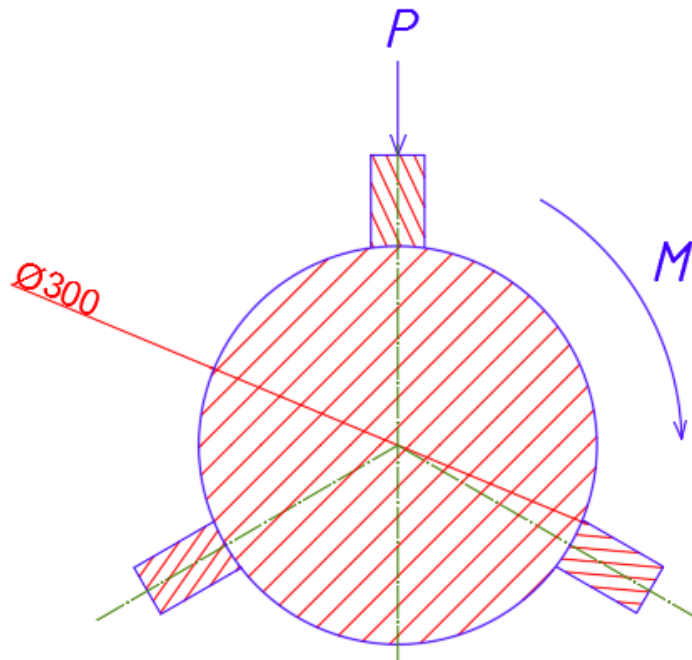


Рисунок 2.2 Розрахункова схема сил

$M_{max}$  – максимальний обертовий момент при фрезеруванні пазів M140

$$M_{MAX} = 46Hм$$

$D$  – діаметр базової поверхні,  $D=0,15$  м;

$K$  – коефіцієнт запасу,  $k=2,5$

$f$  – коефіцієнт тертя,  $f = 0,16$

$\sigma$  – напруження розтягу – стиску матеріалу гвинта,  $\sigma = 9 \cdot 10^7$  Па

Діаметр затискного гвинта:

$$d = 1.4 \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma}} = 1.4 \cdot \sqrt{\frac{9583}{9 \cdot 10^7}} = 0.014 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр гвинта затискаючого механізму M14.

Розрахуємо гвинт на стійкість:

						Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P}{F} = \frac{9583}{0.0007} = 13.7 \text{ МПа}$$

$$13.7 \text{ МПа} \leq 90 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{сж}} \leq [\sigma]_y$$

Умова міцності виконується.

						Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

В розділі технологія машинобудування було розроблено технологічний процес виготовлення деталі – пывмуфта і вибрано пристосування для однієї з операцій виготовлення деталі.

У процесі виконання роботи вирішено такі завдання, як: розробка технології виготовлення деталі „пывмуфта”, в яку входить вибір методу отримання заготовки, вибір устаткування і інструментів для всіх операцій.

В процесі зроблено креслення пристосування «Ділильна головка з трьома прихватами.», розроблено операційні карти та маршрутну карту і специфікації. За допомогою пристосування зменшиться час налагодження устаткування та як наслідок скоротяться терміни і собівартість підготовки виробництва.

						Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розроб.				Прищета								ГОСТ 3.1118-82 форма 1											
Перев.				Борщик																			
Н.контр.																							
				Маршрутна карта																			
												літера											
Матеріал								код Одиниці величини	Вага деталі	Заготовка					Одиниці нормуванн я	Норма витрат	Коеф використ. матеріалу						
Назва, марка				код		код та вид				профіль і розміри		кіл-сть деталей		вага									
Півмуфта, Сталь 40XC										5		Прокат		D150 L110				1		15			
Номер			Назва та зміст операції						Обладнання (код, назва, інвентарний номер)			Пристрої та інструмент (код, назва)			Тшт.		Тп. 3.						
Цеху	Дільниці	Операції																					
		005	Токарна операція. Точити начорно та начисто пов.1,3,4,5, з підрізанням торців, свердління пов.2						Токарський верстат 16K20			Різці, свердло			30								
		010	Токарна операція. Точити начорно та начисто пов.6,7						Токарський верстат 16K20			Різці			25								
		015	Токарна операція. Свердління та розточування поверхнях 8-10						Токарський верстат 16K20			Свердло, різці			20								
		020	Горизонтально-фрезерна. Чорнове фрезерування чотирьох пазів						Горизонтально-фрезерний верстат 6P82			Фреза			30								
МК			Обробка різанням																				

Викон.		Прищєпа	Операційна карта механічної обробки					ГОСТ 3.1404 – 86		Форма 2				
Затв.		Борщик				Півмуфта								
						Ном. цеху	Ном. ділян.	Ном. операц.	Найменування операції					
						5	2	005 010	Токарна					
						Найменування та марка матеріалу			Маса деталі	Заготовка				
										Профіль та розміри		Твердість	Маса	
						Сталь 40ХС			5,0	D=146 d=40 L=108		HB=197	15,0	
						Кіль. одночас. оброб. дет.			Обладнання (найменування, модель)					
						1			Токарний 16К20Ф3					
Пристосування (код та найменування)			Патрон			Охолодження								
Но- мер пере- ходу	Зміст переходу		Інструмент (код, найменування)			Розрах. розмір		Режим обробки					T <sub>0</sub>	T <sub>д</sub>
			допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр, ширина	довжина	t	i	S	n	V		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Встановлення заготовки											15	5	
2	Точити поверхню 1,3,4,5 начорно та начисто.		Різець фасонний ГОСТ 18875-73	Штангєциркуль ЩЦ-II-320-0,10 ГОСТ 166-80	130 90	1240	2	1	0,4	92	52	0,5	1	
3	Свердлити поверхню 2		Свердло ГОСТ 886-77	Штангенциркуль ЩЦ-II-320-0,10 ГОСТ 166-80	130 90	1240	1	1	0,3	400	168	0,15	0,19	
4	Зняти деталь													
ОК	Обробка різанням													

